Title	(1)超伝導ゆらぎによる電気伝導度の異常におけるMaki項の役割(第二種超伝導体の輸送現象および超伝導転移点近傍でのゆらぎに関する問題,基礎研究会報告(モレキュール))
Author(s)	高山, 一; 真木, 和美
Citation	物性研究 (1971), 16(2): A2-A3
Issue Date	1971-05-20
URL	http://hdl.handle.net/2433/88256
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

(1) 超伝導ゆらぎによる電気伝導度の異常におけるMaki項の役割

高山 一，真木和美

転移温度T_cの近傍（$T \gtrsim T_c$）では，超伝導ゆらぎによる電気伝導度σ'は，厚さdのフィルムの場合*)

$$\sigma' = \frac{e^2 T}{2\pi d\varepsilon_0} \left\{ 1 + \frac{2\varepsilon_0}{\varepsilon_0 - \delta} \ell n \left(\frac{\varepsilon_0}{\delta} \right) \right\} \tag{1}$$

で与えられる。但し，$\varepsilon_0 = 8(T-T_c)/\pi$，$\delta$は対破壊効果一クーパー対を壊す効果をもつ，時間反転に対し非対称な相互作用一を表わすパラメータである。

(1)式第1項は，ゆらぎにより生じたクーパー対（以下，これを単にゆらぎと呼ぶ）が電流を運ぶ事による寄与で，Aslamazov-Larkin項と呼ばれε_0^{-1}の発散を示す。(1)式第2項は，ゆらぎによって電子が異常に散乱される事からの寄与で，Maki項と呼ばれる。Maki項はδがゼロの時，ε_0の値によらず発散してしまう。現実の超伝導体には電子ーフォノン相互作用による対破壊効果が必ず存在するが，理論的見地からは，非磁性不純物効果を含んだBCSハミルルトニアンで記述される系で，σ'が無限大になるか否かの問題は興味深い。

一方，TがTcの極く近傍になると，ゆらぎの寿命が長くなり，ゆらぎ間の相互作用が問題になってくる。この臨界領域におけるゆらぎの静的振舞いについての議論は既になされているが，動的振舞い，特にMaki項の振舞いを明らかにする必要がある。

そこで我々は，電気伝導度へのゆらぎ効果を，ゆらぎについて2次以上の寄与を系統的に調べて，（1）式（1次の寄与）からのずれを求めた。

まず，ゆらぎの2次の寄与をすべて調べ，1次の寄与と比べる事により，a a/η，x の3つの展開パラメータを得た。ここでaは

$$a = \frac{1}{N(0)} \sum_q \frac{1}{Dq^2 + \varepsilon_0} \propto \frac{1}{p_0{}^2 \ell d} \tag{2}$$

で，ゆらぎのため電子の状態が変化する事による1次からのズレの大きさを与

*) 一次元超伝導体についても，並行して議論ができるがその結果は略す。

える。ここでN(0)は電子状態密度，$D = v\ell/3$；v，p_0 はフエルミ速度，運動量，ℓは平均自由行路。これまでの実験では，aは普通$10^{-3} \sim 10^{-5}$程度である。a/η（$\eta = (T - T_c)/T_c$）は，ゆらぎ間の相互作用によるゆらぎ自体の変化の大きさを与えるもので，ゆらぎの静的振舞いを規定するパラメータでもある。AL項（(1)式第1項）の補正はこのパラメータで与えられる。パラメータx

$$x \propto \frac{a}{\eta^2} \cdot \left(\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_0 - \delta}\right)^2 \ell n \frac{\varepsilon_0}{\delta} \tag{3}$$

は，動的振舞いに特徴的なもので，これは，Maki項（(1)式第2項）の補正の大きさを与える。$x \gtrsim 1$の条件（$a/\eta \gtrsim 1$と合せて）から，動的振舞いについての臨界領域が決められる。

$\varepsilon_0/\delta \to 0$，即ち，対破壊効果が小さい極限では，Maki型発散$\ell n(\varepsilon_0/\delta)$の最も強い項だけを，ゆらぎについて無限次まで集める事ができる。これをσ_{MD}とすれば，σ_{MD}は$x = 1/4$でその微分が不連続となり，$x \to \infty$，即ち$\delta \to 0$の極限では$(\ell n(\varepsilon_0/\delta))^{1/2}$の振舞いを示す。従って，$\delta \to 0$では，発散の形は弱まるものの，依然として$\sigma' \to \infty$になってしまう。詳しい事はプレプリント "Higher Order Effects due to the Superconducting Fluctuation on the Electrical Conductivity" —プログレス投稿中—を参照されたい。

我々は，T_cの極く近傍，臨界領域の問題をゆらぎについての摂動論で調べてきたが，T_cの直上，さらにはT_cの下側で電気伝導度はどのようになるだろうか？　一方，理論的には，1，2次元系においてはOff-Diagonal Long Range Orderは存在しない事が示されているが，この証明と電気伝導度の振舞いとの関係はどうなっているだろうか？　その場合のT_cの意味は？　これまでの実験からは，1次元系の電気抵抗は，指数関数的に減少するものの，$T \to 0$まで存在するであろうと結論されているが，2次元系についてはまだ定まった結論はない。この問題は，第2種相転移の一般論にかかわる重要なもので，今後この方向の研究を進めたいと思っている。